

Kesesuaian Galur-Galur Harapan Kedelai untuk Tumpangsari Jagung + Kedelai

Suitability of Soybean Promising Lines for Maize + Soybean Intercropping

Titik Sundari dan Siti Mutmaidah*

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi
Jl. Raya Kendalpayak, Km 8, Kotak Pos 66 Malang, 65101

Diterima 17 April 2017/Disetujui 13 September 2017

ABSTRACT

Intercropping is one way of increasing land productivity. The research was aimed to determine the suitability of soybean promising lines for maize + soybean intercropping based on land productivity assessed by land equivalent ratio (LER). The research was conducted at Kendalpayak Station Research, Malang, in February to May 2016, using factorial randomized block design, repeated three times. The first factor was cropping system (monoculture and intercropping), the second factor was 55 soybean genotypes. Spacing for maize in the intercropping system was 2.2 m x 0.5 m x 0.2 m, and for soybean was 0.35 m x 0.10 m. In monoculture, spacing for maize was 0.75 m x 0.25 m and for soybean was 0.35 m x 0.10 m. The results showed there was five genotypes suitable for intercropping of maize + soybean based LER value, ie G//IT7-3, M0706//MI196-3, M0706//MI197-4, M0706//MI199-1, and M0706//MI199-2, with LER value of more than 1. Intercropping of maize with these soybean lines, gives a higher land productivity than monoculture.

Keywords: *Glycine max (L.) Merrill genotype, monoculture, land equivalent ratio, Zea mays*

ABSTRAK

Tumpangsari merupakan salah satu upaya yang dikembangkan untuk meningkatkan produktivitas lahan. Penelitian bertujuan menentukan kesesuaian galur harapan kedelai untuk tumpangsari jagung + kedelai berdasarkan produktivitas lahan yang dinilai dengan rasio kesetaraan lahan atau land equivalent ratio (LER). Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai Mei 2016 di Kebun Percobaan Kendalpayak, Malang, menggunakan rancangan acak kelompok faktorial, diulang tiga kali. Faktor pertama adalah pola tanam (monokultur dan tumpangsari), faktor kedua adalah 55 genotipe kedelai. Jagung tumpangsari ditanam pada jarak tanam 2.2 m x 0.5 m x 0.2 m dan kedelai 0.35 m x 0.10 m. Jarak tanam monokultur jagung 0.75 m x 0.25 m dan kedelai 0.35 m x 0.10 m. Hasil penelitian menunjukkan terdapat lima galur yang sesuai untuk tumpangsari jagung + kedelai berdasarkan nilai LER, yaitu G//IT7-3, M0706//MI196-3, M0706//MI197-4, M0706//MI199-1, dan M0706//MI199-2 dengan nilai LER lebih besar dari 1. Tumpangsari jagung dengan galur-galur kedelai tersebut, memberikan produktivitas lahan lebih tinggi dari monokultur.

Kata kunci: *Genotipe Glycine max (L.) Merrill, land equivalent ratio, monokultur, Zea mays*

PENDAHULUAN

Tumpangsari merupakan salah satu pola tanam yang dianjurkan untuk meningkatkan produktivitas, efektif dalam mengendalikan hama dan penyakit, memberikan dampak ekologi yang baik dan menguntungkan secara ekonomi (Wu dan Wu, 2014), meningkatkan hasil panen (Paltridge *et al.*, 2014), efisiensi dalam penggunaan nutrisi (Li *et al.*, 2011), cahaya (Mao *et al.*, 2014), serta meningkatkan interaksi positif antar tanaman (Lv *et al.*, 2014). Tumpangsari sangat cocok untuk daerah dengan curah hujan dan input terbatas,

untuk diversifikasi risiko lingkungan, dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya (Rusinamhodzi *et al.*, 2012).

Tumpangsari adalah penanaman dua atau lebih spesies tanaman pada lahan yang sama untuk jangka waktu tertentu (Caviglia *et al.*, 2011). Cahaya dan air merupakan faktor lingkungan utama yang mempengaruhi keberhasilan tumpangsari kedelai. Persaingan cahaya dan air menyebabkan berbagai respons tanaman yang bersifat aditif, sinergis atau antagonis (Zhang *et al.*, 2011).

Produktivitas tumpangsari tanaman sereal dengan tanaman aneka kacang lebih tinggi dibandingkan monokultur (Yamane *et al.*, 2016), merupakan salah satu komponen utama teknologi manajemen kesuburan tanah

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: sitiasdianto@yahoo.co.id

terpadu (Mucheru-Muna *et al.*, 2010). Tumpangsari jagung + kedelai berkontribusi besar terhadap produksi kedelai dan mempertahankan hasil panen jagung, efisien menekan populasi gulma, dan memberikan produktivitas ekonomi yang lebih besar (Ijoyah, 2014). Secara umum tumpangsari jagung + aneka kacang lebih menguntungkan dibanding monokultur (Catharina, 2009).

Tumpangsari merupakan cara penting untuk meningkatkan efisiensi penggunaan lahan dalam meningkatkan hasil biji (Lithourgidis *et al.*, 2011). Produktivitas lahan pada tumpangsari jagung + kedelai dinilai berdasarkan LER (*land equivalent ratio* atau rasio kesetaraan lahan) (Rifai *et al.*, 2014). Menurut Tsujimoto *et al.* (2015), produktivitas lahan tumpangsari jagung + kedelai lebih tinggi daripada monokultur dengan nilai LER 1.15-1.49. Produktivitas tinggi pada tumpangsari jagung + kedelai, dicapai melalui pengaturan waktu tanam dan tata ruang (Addo-Quaye *et al.*, 2011). Pemilihan kultivar kedelai, berperan penting dalam menentukan keberhasilan tumpangsari. Setiap kultivar mempunyai kemampuan berbeda dalam merespons cekaman yang terjadi pada tumpangsari (Liu *et al.*, 2010). Penelitian bertujuan menentukan kesesuaian galur harapan kedelai untuk tumpangsari jagung + kedelai dan sekaligus produktivitas lahannya.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Kendalpayak, Malang pada bulan Februari sampai Mei 2016, menggunakan rancangan acak kelompok faktorial, diulang tiga kali. Faktor pertama adalah pola tanam monokultur dan tumpangsari jagung + kedelai, dan faktor kedua adalah genotipe kedelai terdiri dari: 50 galur harapan dan 5 varietas pembanding, yaitu Argopuro dan Panderman (biji besar), Dena 1 dan Dena 2 (adaptif naungan), serta Grobogan (peka naungan).

Jagung ditanam tiga minggu sebelum kedelai, dengan jarak tanam jagung 2.2 m x 0.5 m x 0.2 m panjang 3 m dan kedelai 0.35 m x 0.10 m, dua biji per lubang dengan perbandingan baris jagung dan kedelai (2 : 6). Jagung yang digunakan adalah jagung hibrida (Pertiwi 3). Jarak tanam jagung monokultur 0.75 m x 0.25 m dan kedelai 0.35 m x 0.10 m, dua biji per lubang. Ukuran plot setiap unit percobaan adalah 2.2 m x 3 m (6.6 m²).

Jagung dan kedelai dipupuk pada saat tanam, jagung dengan 250 kg Urea ha⁻¹, 100 kg SP36 ha⁻¹ dan 100 kg KCl ha⁻¹, kedelai dengan 75 kg Urea ha⁻¹, 100 kg SP36 ha⁻¹ dan 100 kg KCl ha⁻¹. Pengendalian gulma dilakukan satu minggu sebelum tanam dengan herbisida, dosis 2 ml L⁻¹ dan volume semprot 300 L ha⁻¹, dilanjutkan penyiangan pada saat umur 4 minggu setelah tanam (MST). Hama dan penyakit dikendalikan menggunakan insektisida, pestisida, dan fungisida. Aplikasi insektisida dan pestisida dilakukan pada fase vegetatif umur 7 HST dan pada fase generatif umur 30-60 HST dengan interval tiga hari (11 kali aplikasi). Volume semprot 400 L ha⁻¹ pada fase vegetatif dan 500 L ha⁻¹ pada fase generatif. Pengairan dilakukan pada saat

tanam (jagung dan kedelai), pembungaan dan pembentukan polong kedelai.

Pengamatan dilakukan pada saat panen terhadap lima tanaman sampel kedelai meliputi: tinggi tanaman, jumlah cabang utama, jumlah buku produktif, jumlah polong isi, bobot biji per tanaman, hasil biji per plot, ukuran biji kedelai. Hasil jagung diamati dengan peubah bobot kering tongkol panen tanpa kelobot per plot. Data yang terkumpul dianalisis berdasarkan rancangan acak kelompok faktorial, tiga ulangan. Dua nilai tengah dibandingkan dengan uji BNT (beda nyata terkecil) pada taraf 5%.

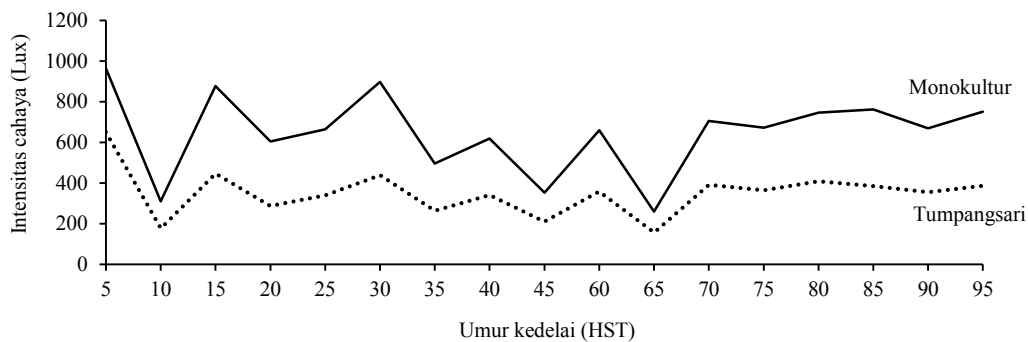
Pengamatan tingkat naungan oleh kanopi jagung dilakukan di masing-masing barisan kedelai dengan menggunakan Lux meter. Pada saat pengamatan posisi Lux meter berada di antara kanopi jagung dan kedelai. Pengamatan mulai dilakukan pada saat jagung berumur 4 MST, dengan interval dua hari sekali antara pukul 12.00-13.00 WIB. Data yang terkumpul dari masing-masing barisan kedelai selanjutnya dirata-rata.

Intensitas cekaman (IC) akibat tumpangsari dihitung menggunakan rumus $IC (\%) = (1 - (RH_c / RH_n)) \times 100$, dengan RH_c merupakan rata-rata hasil pada kondisi tercekam naungan, dan RH_n merupakan rata-rata hasil pada kondisi normal (tanpa cekaman). Indeks toleransi terhadap cekaman (ITC) digunakan untuk mengidentifikasi galur yang mampu berproduksi tinggi di lingkungan monokultur dan tumpangsari. ITC dirumuskan dengan $= (H_p \times H_c) / (H_p)^2$ (Fernandez, 1993), dimana H_p merupakan hasil pada lingkungan monokultur sedangkan H_c adalah hasil pada lingkungan tumpangsari. Kriteria seleksi terhadap ITC didasarkan pada intensitas seleksi 30%, dihitung dengan rumus: $\bar{X}_s = \bar{X}_u + k \cdot \widehat{Sf}$, \bar{X}_s = nilai rata-rata ITC galur-galur terpilih, \bar{X}_u = nilai rata-rata ITC seluruh genotipe, k = intensitas seleksi dalam satuan baku, k (30%) = 1.16 (Kasno, 1992).

Kesesuaian galur kedelai untuk tumpangsari dinilai berdasarkan produktivitas lahan yang ditimbulkan oleh tumpangsari jagung + kedelai, dan dihitung berdasarkan *land equivalent ratio* (LER). Nilai LER dihitung berdasarkan rumus (Rifai *et al.*, 2014) yaitu: $LER = \frac{HA_1}{HA_2} + \frac{HB_1}{HB_2}$ dengan HA₁ dan HB₁ adalah hasil masing-masing tumpangsari jagung + kedelai per area tumpangsari, HA₂ dan HB₂ adalah hasil dari jagung dan kedelai monokultur. Jika nilai LER lebih besar dari 1.00 maka produktivitas lahan tumpangsari lebih tinggi dibandingkan monokultur, artinya tumpangsari jagung + kedelai lebih menguntungkan dibandingkan monokultur. Jika nilai LER kurang dari 1.00, maka tumpangsari jagung + kedelai kurang menguntungkan dibandingkan monokultur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tumpangsari jagung + kedelai menyebabkan terjadinya cekaman kekurangan cahaya (naungan) dengan intensitas cekaman (IC) mencapai 61% yang dikategorikan tinggi. Keberadaan jagung menyebabkan berkurangnya intensitas cahaya yang diterima kedelai dengan pengurangan mencapai 297 Lux (tingkat naungan 46% radiasi penuh) (Gambar 1). Dengan demikian penerimaan cahaya oleh tanaman kedelai sebesar 54% radiasi penuh.



Gambar 1. Intensitas cahaya pada lingkungan monokultur kedelai dan tumpangsari jagung + kedelai

Setiap genotipe kedelai memberikan respons berbeda terhadap tumpangsari, ditunjukkan melalui perbedaan tinggi tanaman antar genotipe. Varietas Dena 1 memiliki keragaan yang konsisten tertinggi, baik pada monokultur maupun tumpangsari. Tumpangsari jagung + kedelai mengakibatkan peningkatan tinggi tanaman kedelai, rata-rata peningkatan 15.9% (Tabel 1). Peningkatan tinggi tanaman terjadi karena adanya pemanjangan ruas batang (Li *et al.*, 2006). Pemanjangan ruas batang merupakan salah satu upaya untuk menghindari dari kekurangan cahaya (Franklin, 2008). Respons penghindaran memberikan peluang pada tanaman untuk mendapatkan cahaya lebih banyak pada kondisi ternaungi.

Jumlah cabang, jumlah buku produktif, dan jumlah polong isi masing-masing genotipe kedelai menunjukkan perbedaan di setiap pola tanam (monokultur dan tumpangsari) (Tabel 1). Tumpangsari mengakibatkan pengurangan jumlah cabang, jumlah buku produktif, dan jumlah polong isi dengan rata-rata pengurangan mencapai 2 cabang, 6 buku, dan 17 polong isi per tanaman. Jumlah polong terbanyak pada monokultur maupun tumpangsari dicapai varietas Dena 1, masing-masing 58 dan 28 polong per tanaman. Kondisi yang sama disampaikan Undie *et al.* (2012) bahwa jumlah polong isi yang dihasilkan kedelai monokultur nyata lebih banyak daripada tumpangsari, karena jumlah polong hampa yang dihasilkan pada monokultur lebih sedikit dibandingkan tumpangsari. Hal ini menunjukkan pola tumpangsari menyebabkan pertumbuhan kedelai terganggu. Gangguan pertumbuhan tersebut disebabkan persaingan cahaya. Pada penelitian ini, pengurangan cahaya akibat kanopi jagung mencapai 46%. Menurut Susanto dan Sundari (2011), pengurangan cahaya $\pm 50\%$ radiasi penuh menyebabkan pengurangan jumlah polong isi kedelai sekitar 17 polong. Pengurangan cahaya mengakibatkan aktivitas fotosintesis berkurang, sehingga alokasi fotosintat untuk pembentukan organ vegetatif maupun reproduktif berkurang. Menurut Liu *et al.* (2010) berkurangnya alokasi fotosintat ke organ vegetatif maupun generatif nyata meningkatkan jumlah bunga yang gugur dan mengakibatkan jumlah polong per tanaman berkurang. Menurut Li *et al.* (2006) naungan dari tahap awal hingga tahap pemasakan polong, nyata menyebabkan pengurangan jumlah polong dan biji per tanaman, bobot biji, bobot bagian tanaman di atas tanah, dan hasil.

Hasil kedelai setiap genotipe menunjukkan perbedaan, baik pada monokultur maupun tumpangsari. Hasil biji genotipe kedelai lebih tinggi pada pola monokultur dibanding tumpangsari (Tabel 2). Pada penelitian ini, tumpangsari jagung + kedelai menyebabkan pengurangan hasil kedelai sebesar 49.4-74.4%. Pengurangan hasil tertinggi terjadi pada varietas Argopuro dan terendah pada G/P428-1. Penurunan hasil tersebut dikarenakan adanya pengurangan cahaya yang diterima tanaman kedelai akibat naungan kanopi jagung. Berdasarkan hasil analisis korelasi diketahui bahwa jumlah polong isi, jumlah cabang dan jumlah buku produktif berkorelasi nyata positif dengan bobot biji per tanaman, dengan koefisien korelasi (r) masing-masing 0.55*, 0.36**, dan 0.35**. Artinya peningkatan atau pengurangan jumlah polong isi, jumlah cabang dan jumlah buku produktif berhubungan erat dengan peningkatan atau pengurangan bobot biji per tanaman. Hal yang sama juga dikemukakan oleh Polthanee *et al.* (2011), bahwa pengurangan jumlah polong isi berhubungan dengan pengurangan hasil biji kedelai.

Nilai ITC genotipe yang diuji (Tabel 1) berkisar antara 0.24 (G/P360-1) hingga 0.77 (G/IAC439-2), sedangkan nilai ITC varietas pembanding mencapai 0.35 (Panderman) hingga 0.67 (Dena 1). Berdasarkan intensitas seleksi 30%, terpilih tujuh genotipe dengan nilai ITC ≥ 0.58 , yaitu G//IT7-5, G//IT7-7, G/P395-3, G/IAC434-1, G/IAC438-5, G/IAC439-2, dan G/IAC453-7. Galur-galur tersebut mampu berproduksi tinggi pada monokultur maupun tumpangsari. Namun berdasarkan produktivitas lahan (LER), galur tersebut kurang sesuai untuk tumpangsari jagung + kedelai, karena nilai LER kurang dari 1, yaitu 0.81-0.97 (Tabel 1).

Bobot 100 biji genotipe kedelai menunjukkan keragaman baik pada monokultur maupun tumpangsari (Tabel 2). Rata-rata bobot 100 biji pada monokultur (19.9 g per 100 biji) lebih besar dibandingkan tumpangsari (18.1 g per 100 biji). Tumpangsari menyebabkan bobot 100 biji berkurang 9.04%. Pengurangan bobot 100 biji dikarenakan berkurangnya alokasi fotosintat ke biji sebagai akibat berkurangnya intensitas cahaya yang diterima tanaman kedelai yang menyebabkan fotosintesis terganggu. Pada kedelai monokultur terdapat satu galur yang mempunyai bobot 100 biji lebih besar dibandingkan Grobogan, yaitu P/G482-4, sedangkan pada tumpangsari jagung + kedelai terdapat tujuh galur dengan ukuran biji lebih besar dari

Tabel 1. Komponen hasil, nilai LER dan ITC genotipe kedelai pada monokultur dan tumpangsari jagung + kedelai

Genotipe	TT (cm)		JC (per tanaman)		JB (per tanaman)		JPI (per tanaman)		LER	ITC
	M	T	M	T	M	T	M	T		
G//IT7-1	56.5	57.7	3	1	14	8	37	23	0.89	0.57
G//IT7-2	55.9	54.2	3	1	15	7	36	23	0.98	0.52
G//IT7-3	56.5	54.8	3	1	14	8	33	24	1.03	0.56
G//IT7-5	47.8	59.1	3	1	13	9	37	23	0.91	0.60
G//IT7-6	49.1	59.9	3	1	15	8	39	20	0.85	0.53
G//IT7-7	56.6	58.8	3	2	14	8	36	22	0.94	0.59
G//IT8-6	46.0	51.9	3	1	13	7	34	20	0.87	0.51
G//IT10-8	56.9	62.2	4	1	16	8	42	20	0.90	0.40
Panderman	79.2	88.7	2	1	16	10	40	23	0.80	0.35
G//IT15-6	55.7	63.6	3	1	12	7	37	19	0.88	0.34
G//IT16-9	64.5	70.3	3	1	11	8	36	23	0.90	0.42
G//IT17-1	62.7	63.7	2	1	13	8	41	22	0.88	0.46
AP///IBK66-1	47.9	60.4	4	1	15	7	37	18	0.97	0.36
G//MI125-1	72.2	81.1	3	1	16	8	35	17	0.76	0.46
G//MI152-3	78.9	73.6	3	1	15	8	35	15	0.79	0.46
M0706//MI195-1	45.5	56.2	3	2	12	8	33	23	0.98	0.33
M0706//MI196-1	45.4	63.1	3	2	13	8	36	19	1.00	0.38
M0706//MI196-3	46.4	56.5	3	1	11	7	36	19	1.06	0.36
M 0706//MI197-4	46.3	62.1	3	2	15	9	37	22	1.03	0.40
M 0706//MI199-1	42.0	63.8	3	2	14	8	38	20	1.05	0.33
M 0706//MI199-2	45.6	57.0	3	1	14	8	37	21	1.01	0.36
M 0706//MI199-3	45.8	52.7	3	1	13	8	34	19	0.96	0.36
M 0706//MI199-4	47.8	61.9	3	2	12	9	36	18	0.96	0.35
IBK///AP275-1	41.8	55.9	3	1	12	8	30	18	0.97	0.38
IBK///AP276-2	49.6	64.7	2	2	13	10	33	25	0.88	0.44
IBK///AP296-10	49.8	79.4	3	1	13	9	38	19	0.84	0.52
IBK///AP296-11	50.9	61.8	3	0	13	7	39	13	0.95	0.37
G/AM313-2	57.2	74.7	3	1	16	9	38	21	0.86	0.52
G/AM310-4	58.8	60.3	3	1	15	8	34	19	0.91	0.38
G/P355-5	59.0	58.6	2	1	12	7	29	19	0.92	0.36
G/P360-1	59.1	70.3	2	1	12	8	36	16	0.98	0.24
G/P392-4	59.8	70.5	2	0	17	8	36	19	0.93	0.47
G/P395-2	61.5	63.8	3	1	17	8	40	18	0.81	0.52
G/P395-3	63.7	73.5	3	1	17	9	45	19	0.81	0.61
G/P395-4	63.0	68.3	3	1	16	9	38	20	0.85	0.55
Argopuro	77.0	75.8	2	1	16	10	47	20	0.76	0.44
G/P396-2	64.4	63.9	3	1	15	8	38	19	0.85	0.53
G/P397-6	54.8	70.8	2	2	14	9	33	18	0.83	0.37
G/P399-1	52.8	60.6	2	0	11	7	27	16	0.98	0.26
G/P402-6	57.5	58.7	2	0	11	7	25	15	0.98	0.27
G/P405-3	56.2	66.4	2	0	16	8	41	19	0.78	0.42
G/P428-1	58.3	70.5	1	0	11	7	31	17	1.00	0.40
G/P429-1	60.0	62.2	1	1	10	8	29	16	0.88	0.30
G/P429-2	59.1	74.1	2	1	13	8	37	17	1.00	0.46

Tabel 1. Komponen hasil, nilai LER dan ITC genotipe kedelai pada monokultur dan tumpangsari jagung + kedelai (*lanjutan*)

Genotipe	TT (cm)		JC (per tanaman)		JB (per tanaman)		JPI (per tanaman)		LER	ITC
	M	T	M	T	M	T	M	T		
G/IAC433-2	61.2	72.8	3	2	14	9	37	21	0.77	0.47
G/IAC434-1	62.6	77.7	3	1	15	11	43	24	0.92	0.62
G/IAC438-5	58.9	72.5	3	2	17	10	44	25	0.84	0.67
G/IAC439-2	58.5	68.6	4	2	18	9	52	26	0.97	0.77
G/IAC449-2	56.7	49.6	2	1	13	7	39	20	0.80	0.37
G/IAC449-3	54.3	41.9	2	0	13	8	39	21	0.81	0.31
G/IAC453-7	54.7	57.8	3	1	15	8	43	22	0.84	0.62
P/G482-4	60.5	72.5	2	1	13	9	31	16	0.92	0.48
Dena 1	79.8	91.1	4	2	21	11	58	28	0.85	0.67
Dena 2	51.4	70.5	3	2	12	9	38	26	0.87	0.38
Grobogan	59.3	70.8	2	1	13	9	36	21	0.75	0.48
Rata-rata	56.8	65.2	3	1	14	8	37	20	-	0.45
KK (%)	2.45	3.46	19.26	31.88	7.65	9.73	4.54	8.11	-	-
BNT 5%	2.25	3.63	0.84	0.60	1.74	1.30	2.73	2.64	-	-
IS 30%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.58

Keterangan: TT = tinggi tanaman, JC = jumlah cabang, JB = jumlah buku, JPI = jumlah polong isi, M = monokultur, T = tumpangsari, KK = koefisien keragaman, IS = intensitas seleksi, BNT = beda nyata terkecil, tanda /, //, /// masing-masing menunjukkan persilangan ke-1, ke-2 dan ke-3

Grobogan, yaitu G/P392-4, G/P395-2, G/P395-3, G/P395-4, G/P396-2, G/P428-1, dan G/P429-2, semua genotipe tersebut merupakan hasil persilangan antara varietas Grobogan dengan varietas Panderman yang sama-sama memiliki ukuran biji besar (Tabel 2).

Bobot kering tongkol dan pengurangan bobot kering tongkol panen jagung menunjukkan perbedaan diantara perlakuan tumpangsari jagung + kedelai (Tabel 2). Bobot kering tongkol panen jagung (tanpa kelobot) pada tumpangsari jagung + kedelai berkisar antara 4.3 kg per plot (G/IAC433-2 dan G/IAC449-3) sampai 6.8 kg per plot (G/P360-1), sedangkan bobot kering tongkol panen pada

jagung monokultur mencapai 10.9 kg per plot. Berdasarkan hasil tersebut, tumpangsari jagung + kedelai mengakibatkan pengurangan hasil jagung antara 37.6% (G/P360-1) sampai 60.6% (G/IAC433-2 dan G/IAC449-3), dengan rata-rata pengurangan 49.0%. Hal ini menunjukkan bahwa hasil jagung dipengaruhi tumpangsari jagung + kedelai. Pada penelitian ini, tumpangsari jagung + kedelai dengan perbandingan 2 jagung : 6 kedelai menyebabkan populasi jagung berkurang 30%. Pengurangan populasi jagung inilah yang menyebabkan pengurangan hasil jagung. Hasil penelitian Matusso *et al.* (2013) menunjukkan bahwa hasil jagung nyata dipengaruhi tumpangsari jagung + kedelai,

Tabel 2. Hasil dan pengurangan hasil kedelai dan jagung pada monokultur dan tumpangsari jagung + kedelai

Genotipe	BBK (g per tanaman)		BBK (kg per plot)		PHK (%)	Bobot 100 biji (g)		BTPJ (kg per plot)	PHJ (%)
	M	T	M	T		M	T		
G//IT7-1	15.0	8.8	1.7	0.7	58.2	18.8	19.7	5.2	52.3
G//IT7-2	15.6	7.6	1.7	0.6	62.2	19.9	18.9	6.5	40.4
G//IT7-3	14.6	8.8	1.6	0.8	49.5	19.6	20.7	5.8	46.8
G//IT7-5	15.4	8.9	1.7	0.7	56.1	19.3	19.8	5.2	52.3
G//IT7-6	16.6	7.4	1.7	0.6	64.0	19.7	18.6	5.4	50.5
G//IT7-7	16.0	8.5	1.7	0.6	63.8	19.4	18.3	6.3	42.2
G//IT8-6	15.2	7.8	1.9	0.7	60.6	21.1	19.2	5.2	52.3
G//IT10-8	15.7	5.9	1.8	0.7	59.9	18.4	16.1	5.5	49.5
Panderman	12.5	6.4	1.4	0.4	70.9	16.4	17.6	5.5	49.5
G//IT15-6	13.8	5.7	1.4	0.4	68.7	20.1	18.8	6.2	43.1

Tabel 2. Hasil dan pengurangan hasil kedelai dan jagung pada monokultur dan tumpangsari jagung + kedelai (*lanjutan*)

Genotipe	BBK (g per tanaman)		BBK (kg per plot)		PHK (%)	Bobot 100 biji (g)		BTPJ (kg per plot)	PHJ (%)
	M	T	M	T		M	T		
G//IT16-9	14.3	6.7	1.5	0.5	65.4	19.7	18.6	6.1	44.0
G//IT17-1	15.0	7.1	1.4	0.6	58.8	19.9	19.9	5.1	53.2
AP///IBK66-1	14.1	5.9	1.7	0.7	57.0	16.8	16.1	5.9	45.9
G//MI125-1	17.1	6.3	1.5	0.4	73.9	23.7	11.3	5.4	50.5
G//MI152-3	18.7	5.7	1.5	0.4	72.5	24.2	21.1	5.6	48.6
M0706//MI195-1	11.5	6.7	1.5	0.6	55.8	17.7	17.6	5.9	45.9
M0706//MI196-1	13.2	6.7	1.4	0.7	49.5	18.7	18.9	5.4	50.5
M0706//MI196-3	14.3	5.8	1.1	0.5	52.1	19.2	15.6	6.4	41.3
M 0706//MI197-4	13.6	6.7	1.4	0.6	56.2	17.9	17.8	6.5	40.4
M 0706//MI199-1	12.3	6.2	1.4	0.7	50.9	18.8	18.3	6.1	44.0
M 0706//MI199-2	13.2	6.3	1.3	0.6	54.9	19.9	19.6	6.1	44.0
M 0706//MI199-3	13.4	6.2	1.4	0.6	59.5	19.1	18.8	6.0	45.0
M 0706//MI199-4	14.1	5.7	1.5	0.7	56.9	19.1	19.6	5.7	47.7
IBK///AP275-1	12.8	6.8	1.7	0.7	57.4	18.9	20.2	5.9	45.9
IBK///AP276-2	12.7	7.9	1.9	0.9	53.7	16.4	16.2	4.6	57.8
IBK///AP296-10	17.4	6.9	1.7	0.7	58.2	19.5	18.6	4.6	57.8
IBK///AP296-11	17.6	4.9	1.9	0.7	61.2	21.2	17.1	6.1	44.0
G/AM313-2	16.5	7.2	1.7	0.7	59.1	19.7	19.7	4.9	55.0
G/AM310-4	13.9	6.2	1.6	0.6	64.1	18.2	19.3	6.0	45.0
G/P355-5	12.7	6.6	1.5	0.6	59.5	21.9	20.3	5.7	47.7
G/P360-1	13.1	4.2	1.5	0.5	63.7	19.2	9.4	6.8	37.6
G/P392-4	14.6	7.4	1.4	0.6	54.6	22.3	24.6	5.2	52.3
G/P395-2	18.5	6.5	1.5	0.4	72.8	22.7	21.5	5.8	46.8
G/P395-3	18.9	7.4	1.5	0.5	66.5	21.4	21.4	5.2	52.3
G/P395-4	17.0	7.4	1.6	0.5	68.5	22.0	22.3	5.9	45.9
Argopuro	17.6	5.7	1.7	0.4	74.4	16.0	14.6	5.5	49.5
G/P396-2	16.6	7.4	1.5	0.5	64.0	21.8	22.1	5.3	51.4
G/P397-6	13.7	6.2	1.6	0.5	66.1	22.1	20.0	5.4	50.5
G/P399-1	11.2	5.3	1.2	0.5	55.8	20.9	19.7	5.9	45.9
G/P402-6	10.7	5.8	1.3	0.6	50.6	20.8	20.3	5.3	51.4
G/P405-3	16.2	6.0	1.4	0.4	68.9	20.1	18.9	5.1	53.2
G/P428-1	14.3	6.4	1.4	0.7	49.4	22.8	21.9	5.1	53.2
G/P429-1	13.4	5.1	1.5	0.6	61.2	23.2	19.7	5.4	50.5
G/P429-2	16.9	6.3	1.4	0.6	53.5	21.9	21.9	5.9	45.9
G/IAC433-2	15.4	7.1	1.6	0.6	62.6	18.9	18.1	4.3	60.6
G/IAC434-1	17.6	8.2	1.5	0.6	59.0	20.1	19.4	5.5	49.5
G/IAC438-5	18.2	8.5	1.4	0.4	69.2	18.0	17.0	5.9	45.9
G/IAC439-2	21.5	8.3	1.3	0.6	55.6	18.6	19.4	5.8	46.8
G/IAC449-2	14.3	5.9	1.4	0.5	67.7	18.3	16.1	5.2	52.3
G/IAC449-3	11.6	6.1	1.2	0.5	59.1	19.2	19.1	4.3	60.6
G/IAC453-7	19.0	7.5	1.6	0.5	67.9	21.5	19.9	5.7	47.7
P/G482-4	15.9	6.9	1.4	0.5	59.8	25.5	20.7	5.7	47.7

Tabel 2. Hasil dan pengurangan hasil kedelai dan jagung pada monokultur dan tumpangsari jagung + kedelai (*lanjutan*)

Genotipe	BBK (g per tanaman)		BBK (kg per plot)		PHK (%)	Bobot 100 biji (g)		BTPJ (kg per plot)	PHJ (%)
	M	T	M	T		M	T		
Dena 1	21.1	7.3	1.2	0.4	64.3	18.0	16.6	5.4	50.5
Dena 2	12.8	6.8	1.5	0.6	57.6	13.5	15.9	4.8	56.0
Grobogan	15.5	7.1	1.3	0.4	65.5	24.4	21.1	4.4	59.6
Rata-rata	15.1	6.7	1.5	0.6	60.9	19.9	18.8	5.6	49.0
KK (%)	6.73	11.56	2.94	3.48	-	2.74	6.22	16.30	-
BNT 5%	1.65	0.72	72.15	33.32	-	0.89	1.89	1.49	-
BTPJ Monokultur	-	-	-	-	-	-	-	10.9	-

Keterangan: BBK = bobot biji kedelai, M = monokultur, T = tumpangsari, BTPJ = bobot tongkol panen jagung, PHK = pengurangan hasil kedelai, PHJ = pengurangan hasil jagung, KK = koefisien keragaman, BNT = beda nyata terkecil, tanda /, //, /// masing-masing menunjukkan persilangan ke-1, ke-2 dan ke-3, ukuran plot 6.6 m²

perbandingan 2 jagung : 2 kedelai memberikan hasil jagung lebih tinggi dibandingkan dengan 1 jagung : 1 kedelai, 2 jagung : 4 kedelai, dan 2 jagung : 6 kedelai.

Hasil jagung dan kedelai pada tumpangsari jagung + kedelai lebih rendah dibandingkan dengan hasil jagung maupun kedelai monokultur (Tabel 2), namun ada keuntungan lain dari tumpangsari tersebut, yaitu dari segi efisiensi penggunaan lahan yang dinilai berdasarkan rasio kesetaraan lahan (*land equivalent ratio* = LER).

Nilai LER berkisar antara 0.75 (Grobogan) hingga 1.06 (M0706//MI196-3), tergantung dari genotipe kedelai (Tabel 1). Terdapat lima kombinasi tumpangsari jagung + kedelai yang memberikan nilai LER lebih besar dari 1, yaitu tumpangsari jagung dengan galur G//IT7-3, M0706//MI196-3, M0706//MI197-4, M0706//MI199-1, dan M0706//MI199-2, serta tiga kombinasi yang menunjukkan nilai LER sama dengan 1, yaitu tumpangsari jagung dengan galur M0706//MI196-1, G/P428-1, dan G/P429-2. Kombinasi tumpangsari jagung + kedelai dengan nilai LER lebih besar dari 1, menunjukkan bahwa dari segi produktivitas lahan tumpangsari tersebut lebih tinggi dibandingkan monokultur, sedangkan tumpangsari dengan nilai LER sama dengan 1 menunjukkan tidak ada perbedaan produktivitas lahan antara tumpangsari dengan monokultur. Produktivitas lahan tertinggi dicapai pada tumpangsari jagung dengan galur M0706//MI196-3, yang mempunyai nilai LER tertinggi, yaitu 1.06. Hal ini berarti sistem tanam monokultur membutuhkan tambahan lahan 6% untuk mendapatkan hasil yang sama dengan tumpangsari. Tumpangsari jagung dengan galur kedelai yang mampu memberikan nilai LER lebih besar dari 1 dianggap sesuai untuk tumpangsari jagung + kedelai.

KESIMPULAN

Produktivitas lahan yang dinilai berdasarkan rasio kesetaraan lahan (LER) pada tumpangsari jagung + kedelai beragam tergantung pada genotipe kedelai. Terdapat lima kombinasi tumpangsari jagung + kedelai yang memberikan

nilai LER lebih besar dari 1, yaitu tumpangsari jagung dengan galur kedelai G//IT7-3, M0706//MI196-3, M0706//MI197-4, M0706//MI199-1, dan M0706//MI199-2. Galur-galur tersebut dianggap sesuai untuk tumpangsari jagung + kedelai berdasarkan efisiensi penggunaan lahan atau produktivitas lahan. Tumpangsari jagung + kedelai menyebabkan hasil jagung dan kedelai lebih rendah dari hasil jagung dan kedelai monokultur. Hasil jagung yang rendah dikarenakan populasi jagung berkurang 30%, sedangkan hasil kedelai berkurang akibat berkurangnya penerimaan cahaya pada tanaman kedelai akibat naungan kanopi jagung.

DAFTAR PUSTAKA

- Addo-Quaye, A.A., A.A. Darkwa, G.K. Ocloo. 2011. Yield and productivity of component crops in maize-soybean intercropping systems as affected by time of planting and spatial arrangement. *ARPN J. Ag. Bio. Sci.* 6:50-57.
- Catharina, T.S. 2009. Respon tanaman jagung pada sistem monokultur dengan tumpangsari kacang-kacangan terhadap ketersediaan unsur hara N dan nilai kesetaraan lahan di lahan kering. *Ganec Swara Eds. Khusus* 3:17-21.
- Caviglia, O.P., V.O. Sadras, F.H. Andrade. 2011. Yield and quality of wheat and soybean in sole- and double-cropping. *Agron. J.* 103:1081-1089.
- Fernandez, G.C.J. 1993. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. p. 257-270. *In* Kuo C.G. (Eds.). *Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress. Proc. of the Inter. Sym. Taiwan August 1992.*
- Franklin, K.A. 2008. Shade avoidance. *New Phytol.* 170:930-944.

- Ijoyah, M.O. 2014. Maize-soybean intercropping system: Effects on striga control, grain yields and economic productivity at Tarka, Benue State, Nigeria. *Int. Lett. Nat. Sci.* 14:69-75.
- Kasno, A. 1992. Pemuliaan tanaman kacang-kacangan. hal. 39-68. *Dalam* Kasno, A.M. Dahlan, Hasnam (Eds.). Prosiding Simposium Pemuliaan Tanaman I. Malang 27-28 Agustus 1991.
- Li, C.Y., S.Z. Dong, C.H. Zhu., Y.S. Zhen. 2006. Influence of shading stress during different growth stage on yield and main characters of soybean. *Southwest China J. Agric. Sci.* 19:265-269.
- Li, C.J., Y.Y. Li, C.B. Yu, J.H. Sun, P. Christie, M. An, F.S. Zhang, L. Li. 2011. Crop nitrogen use and soil mineral nitrogen accumulation under different crop combinations and patterns of strip intercropping in Northwest China. *Plant Soil* 342:221-231.
- Lithourgidis, A.S., C.A. Dordas, C.A. Damalas, D.N. Vlachostergios. 2011. Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. *Aust. J. Crop Sci.* 5:396-410.
- Liu, B., X.B. Liu, C. Wang, Y.S. Li, J. Jin, S.J. Herbert. 2010. Soybean yield and yield component distribution across the main axis in response to light enrichment and shading under different densities. *Plant Soil Environ.* 56:384-392.
- Lv, Y., C. Francis, P.T. Wu, X.L. Chen, X.N. Zhao. 2014. Maize-soybean intercropping interactions above and below ground. *Crop Sci.* 54:914-922.
- Mao, L.L., L.Z. Zhang, X.H. Zhao, S.D. Liu, W.V.D. Werf, S.P. Zhang. 2014. Crop growth, light utilization and yield of relay intercropped cotton as affected by plant density and a plant growth regulator. *Field Crops Res.* 155:67-76.
- Matusso, J.M.M., J.N. Mugwe, M. Mucheru-Muna. 2013. Effects of different maize (*Zea mays* L.)-soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) intercropping patterns on yields and land equivalent ratio. *J. Cereals Oilseeds* 4:48-57.
- Mucheru-Muna, M., P. Pypers, D. Mugendi, J. Kung'u, J. Mugwe, R. Merckx, B. Vanlauwe. 2010. Staggered maize-legume intercrop arrangement robustly increases crop yields and economic returns in the highlands of Central Kenya. *Field Crops Res.* 115:132-139.
- Paltridge, N.G., D.R. Coventry, J. Tao, T.J. Heath, N. Tashi. 2014. Intensifying grain and fodder production in Tibet by using cereal-forage intercrops. *Agron. J.* 106:337-342.
- Polthanee, A., K. Promsaena, A. Laoken. 2011. Influence of low light intensity on growth and yield of four soybean cultivars during wet and dry seasons of Northeast Thailand. *Agric. Sci.* 2:61-67.
- Rifai, A., S. Basuki, B. Utomo. 2014. Nilai kesetaraan lahan budi daya tumpang sari tanaman tebu dengan kedelai: Studi kasus di Desa Karangharjo, Kecamatan Sulang, Kabupaten Rembang. *Widyariset* 17:59-69.
- Rusinamhodzi, L., M. Corbeels, J. Nyamangara, K.E. Giller. 2012. Maize-grain legume intercropping is an attractive option for ecological intensification that reduces climatic risk for smallholder farmers in Central Mozambique. *Field Crop Res.* 136:12-22.
- Susanto, G.W.A., T. Sundari. 2011. Perubahan karakter agronomi aksesori plasma nutfah kedelai di lingkungan ternaungi. *J. Agron. Indonesia* 39:1-6.
- Tsujimoto, Y., J.A. Pedro, G. Boina, M.V. Murracama, O. Ito, S. Tobita, T. Oya, CE. Cuambe, C. Martinho. 2015. Performance of maize-soybean intercropping under various N application rates and soil moisture conditions in Northern Mozambique. *Plant Prod. Sci.* 18:365-376.
- Undie, U.L., D.F. Uwah, E.E. Attoe. 2012. Effect of intercropping and crop arrangement on yield and productivity of late season maize/soybean mixtures in the humid environment of South Southern Nigeria. *J. Ag. Sci.* 4:37-50.
- Wu, K.X., B.Z. Wu. 2014. Potential environmental benefits of intercropping annual with leguminous perennial crops in Chinese agriculture. *Agric. Ecosys. Environ.* 188:147-149.
- Yamane, K., A. Ikoma, M. Iijima. 2016. Performance of double cropping and relay intercropping for black soybean production in small-scale farms. *J. Plant Product. Sci.* 19:449-457.
- Zhang, J., D.L. Smith, W.G. Liu, X.F. Chen, W.Y. Yang. 2011. Effects of shade and drought stress on soybean hormones and yield of main-stem and branch. *Afr. J. Biotechnol.* 10:14392-14398.